

# Analyse af ombytningspuslespil

## Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

## Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningsspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?

## Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningsspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?

# Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?
- ▶ Kan du sige noget om bedste og værste køretid for din algoritme for puslespil med  $n$  brikker?

# Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?
- ▶ Kan du sige noget om bedste og værste køretid for din algoritme for puslespil med  $n$  brikker?
- ▶ Afhænger det af input (startopstillingen)?

## Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?
- ▶ Kan du sige noget om bedste og værste køretid for din algoritme for puslespil med  $n$  brikker?
- ▶ Afhænger det af input (startopstillingen)?
- ▶ Er køretiden relateret til antal brikker, som står rigtigt til at starte med?

# Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?
- ▶ Kan du sige noget om bedste og værste køretid for din algoritme for puslespil med  $n$  brikker?
- ▶ Afhænger det af input (startopstillingen)?
- ▶ Er køretiden relateret til antal brikker, som står rigtigt til at starte med?
- ▶ Er den grådige algoritme (sæt én på plads i hvert skridt) bedst mulig, eller kan man få flere skridt hvor to sættes på plads ved nogle gange at undlade at sætte een på plads?



# Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?
- ▶ Kan du sige noget om bedste og værste køretid for din algoritme for puslespil med  $n$  brikker?
- ▶ Afhænger det af input (startopstillingen)?
- ▶ Er køretiden relateret til antal brikker, som står rigtigt til at starte med?
- ▶ Er den grådige algoritme (sæt én på plads i hvert skridt) bedst mulig, eller kan man få flere skridt hvor to sættes på plads ved nogle gange at undlade at sætte een på plads?
- ▶ Hvis grådig *er* bedst mulig, er der andre algoritmer som er lige så gode (eller *skal* man sætte én på plads hver gang for at være bedste mulig)?

# Konkret eksempel på algoritmeanalyse

Prøv ombytningspuslespillet på kurset webside.

Spørgsmål:

- ▶ Hvilken bedste (laveste) score kan du opnå på 5 forsøg?
- ▶ Hvilken algoritme bruger du?
- ▶ Kan du sige noget om bedste og værste køretid for din algoritme for puslespil med  $n$  brikker?
- ▶ Afhænger det af input (startopstillingen)?
- ▶ Er køretiden relateret til antal brikker, som står rigtigt til at starte med?
- ▶ Er den grådige algoritme (sæt én på plads i hvert skridt) bedst mulig, eller kan man få flere skridt hvor to sættes på plads ved nogle gange at undlade at sætte een på plads?
- ▶ Hvis grådig *er* bedst mulig, er der andre algoritmer som er lige så gode (eller *skal* man sætte én på plads hver gang for at være bedste mulig)?
- ▶ Mere generelt, kan vi præcist karakterisere de bedst mulige algoritmer?

## Model af puslespil

Vi modellerer brikkerne i et puslespil som tallene  $1, 2, 3, \dots, n$ , nummereret efter opstillingen når puslespillet er løst:

5	10	14	3
1	11	9	15
8	7	2	12
4	13	6	16

→

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

## Model af puslespil

Vi modellerer brikkerne i et puslespil som tallene  $1, 2, 3, \dots, n$ , nummereret efter opstillingen når puslespillet er løst:

5	10	14	3
1	11	9	15
8	7	2	12
4	13	6	16

 $\rightarrow$ 

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

NB: dette kan også ses som et array:

5	10	14	3	1	11	9	15	8	7	2	12	4	13	6	16
---	----	----	---	---	----	---	----	---	---	---	----	---	----	---	----

Dette gør vi til opgavetimerne (i Java-opgaverne)

## Model af puslespil

Vi modellerer brikkerne i et puslespil som tallene  $1, 2, 3, \dots, n$ , nummereret efter opstillingen når puslespillet er løst:

5	10	14	3
1	11	9	15
8	7	2	12
4	13	6	16

 $\rightarrow$ 

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

NB: dette kan også ses som et array:

5	10	14	3	1	11	9	15	8	7	2	12	4	13	6	16
---	----	----	---	---	----	---	----	---	---	---	----	---	----	---	----

Dette gør vi til opgavetimerne (i Java-opgaverne)

En opstilling af tallene  $1, 2, 3, \dots, n$  i et array af længde  $n$  kaldes også en [permutation](#).

# Den grådige algoritme

```
WHILE ikke alle brikker på plads:  
    vælg en brik ikke på plads  
    byt den med brikken på dens plads
```

## Den grådige algoritme

```
WHILE ikke alle brikker på plads:  
    vælg en brik ikke på plads  
    byt den med brikken på dens plads
```

For et puslespil med  $n$  brikker, hvad er det maksimale antal ombytninger?

# Den grådige algoritme

```
WHILE ikke alle brikker på plads:  
    vælg en brik ikke på plads  
    byt den med brikken på dens plads
```

For et puslespil med  $n$  brikker, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n$  ombytninger.



# Den grådige algoritme

```
WHILE ikke alle brikker på plads:  
    vælg en brik ikke på plads  
    byt den med brikken på dens plads
```

For et puslespil med  $n$  brikker, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n$  ombytninger.

For et puslespil med  $n$  brikker, hvoraf  $k$  allerede står på plads, hvad er det maksimale antal ombytninger?

# Den grådige algoritme

```
WHILE ikke alle brikker på plads:  
    vælg en brik ikke på plads  
    byt den med brikken på dens plads
```

For et puslespil med  $n$  brikker, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n$  ombytninger.

For et puslespil med  $n$  brikker, hvoraf  $k$  allerede står på plads, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n - k$  ombytninger.

# Den grådige algoritme

```
WHILE ikke alle brikker på plads:  
    vælg en brik ikke på plads  
    byt den med brikken på dens plads
```

For et puslespil med  $n$  brikker, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n$  ombytninger.

For et puslespil med  $n$  brikker, hvoraf  $k$  allerede står på plads, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n - k$  ombytninger.

For et puslespil med  $n$  brikker, hvoraf  $k$  allerede står på plads, hvad er det minimale antal ombytninger?

# Den grådige algoritme

WHILE ikke alle brikker på plads:  
  vælg en brik ikke på plads  
  byt den med brikken på dens plads

For et puslespil med  $n$  brikker, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n$  ombytninger.

For et puslespil med  $n$  brikker, hvoraf  $k$  allerede står på plads, hvad er det maksimale antal ombytninger?

For hver ombytning: mindst én brik kommer på plads, og ingen brik forlader dens plads. Derfor maksimalt  $n - k$  ombytninger.

For et puslespil med  $n$  brikker, hvoraf  $k$  allerede står på plads, hvad er det minimale antal ombytninger?

For hver ombytning: højst to brik kommer på plads. Derfor mindst  $(n - k)/2$  ombytninger.

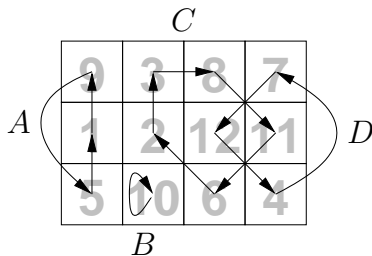
# Kredse

Bedre analyse end “mellem  $(n - k)/2$  og  $n - k$  ombytninger”?

# Kredse

Bedre analyse end “mellem  $(n - k)/2$  og  $n - k$  ombytninger”?

Observation: en permutation giver på naturlig måde anledning til en samling kredse (engelsk: cycles):

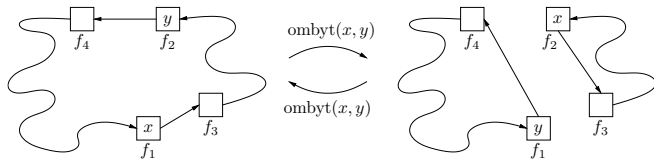


Idé: Et tal (brik)  $t$  peger på det tal (brik), som står på *plads*  $t$ .

# Kredse og ombytninger

## Kredse og ombytninger

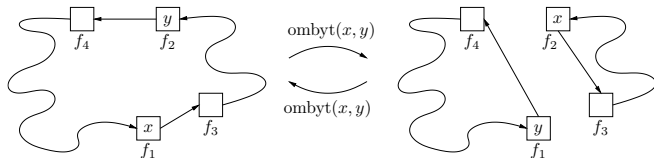
Observation: En ombytning af to brikker i samme kredse øger antal kredse med præcis én. En ombytning af to brikker i forskellige kredse mindsker antal kredse med præcis én:





## Kredse og ombytninger

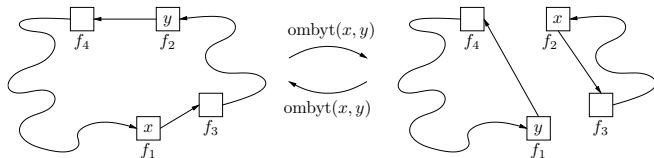
Observation: En ombytning af to brikker i samme kredse øger antal kredse med præcis én. En ombytning af to brikker i forskellige kredse mindsker antal kredse med præcis én:



Observation: En brik er på den rigtige plads  $\Leftrightarrow$  brik er i en kredse af længde én.

## Kredse og ombytninger

Observation: En ombytning af to brikker i samme kredse øger antal kredse med præcis én. En ombytning af to brikker i forskellige kredse mindsker antal kredse med præcis én:

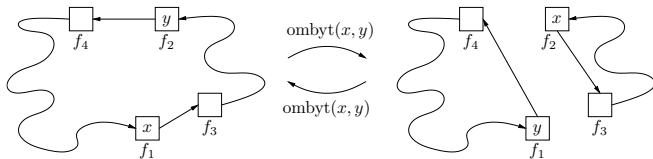


Observation: En brik er på den rigtige plads  $\Leftrightarrow$  brik er i en kredse af længde én.

Derfor: puslespil løst  $\Leftrightarrow$  der er  $n$  kredse.

## Kredse og ombytninger

Observation: En ombytning af to brikker i samme kreds øger antal kredse med præcis én. En ombytning af to brikker i forskellige kredse mindsker antal kredse med præcis én:



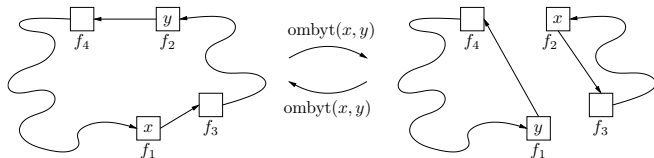
Observation: En brik er på den rigtige plads  $\Leftrightarrow$  brik er i en kreds af længde én.

Derfor: puslespil løst  $\Leftrightarrow$  der er  $n$  kredse.

Konklusion: Et puslespil med  $n$  brikker og  $k$  kredse i startopstillingen kræver mindst  $n - k$  ombytninger, og man kan altid gøre det med  $n - k$  ombytninger (f.eks. via den grådige algoritme, som i hvert skridt deler en kreds af længde  $t$  i to kredse af længde  $t - 1$  og  $1$ ).

## Kredse og ombytninger

Observation: En ombytning af to brikker i samme kreds øger antal kredse med præcis én. En ombytning af to brikker i forskellige kredse mindsker antal kredse med præcis én:



Observation: En brik er på den rigtige plads  $\Leftrightarrow$  brik er i en kreds af længde én.

Derfor: puslespil løst  $\Leftrightarrow$  der er  $n$  kredse.

Konklusion: Et puslespil med  $n$  brikker og  $k$  kredse i startopstillingen kræver mindst  $n - k$  ombytninger, og man kan altid gøre det med  $n - k$  ombytninger (f.eks. via den grådige algoritme, som i hvert skridt deler en kreds af længde  $t$  i to kredse af længde  $t - 1$  og  $1$ ).

Konklusion: En algoritme bruger det optimale antal ombytninger ( $n - k$ ) hvis og kun hvis hver ombytning er med to brikker som er i samme kreds.

## Forventet antal kredse

Sætning (uden bevis her): Det forventede antal kredse i en tilfældig permutation er

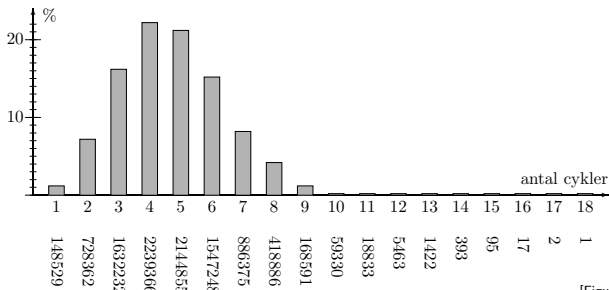
$$H_n = \sum_{i=1}^n 1/i$$

# Forventet antal kredse

Sætning (uden bevis her): Det forventede antal kredse i en tilfældig permutation er

$$H_n = \sum_{i=1}^n 1/i$$

Ved simulering (afprøvning, 10.000.000 tilfældige permutationer) for  $n = 64$  ses følgende fordeling af antallet af permutationer:



[Figur: Gerth Brodal]